

Estudio de factibilidad de la producción de filamento para la impresión 3D, a partir de botellas (PET) recicladas en Uniempresarial

Study of feasibility for the production of filament for 3D printing from PET bottles recycled in Uniempresarial.

Germán Santiago Pulecio León

Ingeniería Industrial

santipule93@hotmail.com

Uniempresarial

RESUMEN:

El actual artículo presenta una propuesta educativa orientada hacia el reciclaje y procesamiento de botellas (PET) con el fin de establecer la factibilidad de obtener filamento para impresión 3D para uso institucional, de esta manera generar conciencia en todos los vinculados a Uniempresarial logrando minimizar el impacto que generan este tipo de residuos a nivel local y distrital así poder dar paso a nuevos proyectos ecológicos demostrando la responsabilidad ambiental de la institución.

PALABRAS CLAVE:

Reciclaje, PET, Filamento

ABSTRACT:

The present article presents an educational proposal oriented to the recycling and processing of bottles (PET) in order to establish the feasibility of obtaining filament for 3D printing for institutional use, in this way to generate awareness in all those linked to Uniempresarial managing to minimize the impact that generate this type of waste at the

local and district level, thus being able to give way to new ecological projects demonstrating the environmental responsibility of the institution.

KEYWORDS:

Recycling, PET, Filament

INTRODUCCIÓN

Necesidad Ambiental.

En la actualidad los plásticos son materiales de consumo masivo y su producción es de valores inmensos gracias a las diferentes ventajas que presentan para los distintos mercados e industrias ya que poseen múltiples propiedades y características como pueden ser: duraderos, livianos, ligeros, de fácil manipulación, aislantes térmicos entre otras, además la mayoría resisten la corrosión. El plástico ha sido un gran nicho de investigaciones por lo que actualmente su producción es la opción más económica y rentable para las industrias. Asegura Greenpeace España, que la producción global de plásticos en los últimos 10 años ha sido la mayor en la historia en el 2016 la producción de plásticos alcanzo 335 millones de toneladas y se espera que para el 2020 la producción sea de 500 millones de toneladas («Datos sobre la producción de plásticos», 2018). Hoy por hoy se conocen varios tipos de plásticos los más populares son: el Polietileno (PE), Polipropileno (PP), Cloruro de Polivinilo (PVC), Poliestireno (PS), y el Teraftalato de polietileno (PET) entre otros, la mayoría de ellos plásticos sintéticos que se obtienen a partir del petróleo y pueden ser encontrados en todo tipo de objetos y productos del día a día como son los vasos, pajillas, bolsas, botellas, su principal aplicación es el empaquetado.

El uso, consumo y desecho de los distintos tipos de plástico ha generado un daño colateral a lo largo del tiempo impactando al medio ambiente, las distintas especies animales y al ser

humano, haciendo de estos factores decisivos para la conservación de los mismos. Es tal el impacto de este, que en las zonas donde convergen las mayores corrientes oceánicas se han formado 5 enormes islas de desechos plásticos y otro tipo de desechos. Asegura el informe del banco mundial “what a waste: a global review solid waste” que la basura crece más rápido que la tasa de urbanización en el mundo(Contreras Rodríguez, 2015). En el 2011 el Programa de Las Naciones Unidas para el medio ambiente (PNMUA) aclaro que la mayor problemática a nivel ambiental en los océanos es ocasionada por el plástico.(Perilla Tabares, 2017)

Uno de los principales aportantes de desechos plásticos por su alto consumo y tamaño son las botellas (PET) de bebidas. Forbes a través de un artículo en su página web asegura que se compran en el mundo 1 millón de botellas por minuto y que en el 2016 se vendieron un total de 480 millones de botellas, el 23% de estas vendidas por Coca-Cola.(Trevor Nace, 2017). El gran inconveniente de las botellas plásticas radica a partir de que la mayoría de estas botellas son de un único uso y son desechadas inmediatamente lo que desencadena una gran cantidad de problemas en su manejo y reutilización. Más allá de todos los inconvenientes que ha acarreado el consumo y desecho del plástico, se le debe dar un nuevo uso a todo este material (PET) posconsumo aprovechable, que se encuentra a la mano del ser humano y que es desechado sin concientización del daño ambiental que está generando. Ya que: Sí el consumo y desecho de estos diferentes tipos de plásticos sigue con la misma tendencia, el mundo en unos años estará completamente inundado en todos estos tipos de residuos, poniendo en riesgo la existencia de los diferentes ecosistemas y la vida humana.

Impresión 3D.

La impresión 3D surge como herramienta de innovación para lograr la optimización dentro de las empresas en la fabricación de sus productos y es una tecnología que permite la fabricación de objetos a través de un diseño y modelado digital, la impresión funciona a través de procesos aditivos que es el aporte de material dándole forma mediante sucesivas capas al objeto. Su materia prima son los filamentos de distintos tipos de materiales como son el (PLA, ABS, PET) entre otros, siendo los filamentos plásticos los de mayor uso, aunque en el mercado ya se encuentran nuevos materiales ecológicos. Sus aplicaciones son innumerables e innovadoras desde el sector automotriz para la fabricación de pequeñas piezas de vehículos, la medicina para la fabricación de prótesis adaptadas al cuerpo humano, la arquitectura, el diseño, fabricación, construcción, calzado, educación y hasta la industria aeroespacial. Actualmente se encuentran gran variedad de tecnologías de impresión 3D con muchos materiales de impresión como son: Estereolitografía (SLA), Fusión selectiva por láser (SLM), Fabricación mediante laminado de objetos (LOM) entre las que destacamos la (FDM-FFF) Fused Deposition Modeling o en español modelado por deposición fundida la cual opera con gran cantidad de filamentos plásticos como es el PET, materia prima de estudio para este caso y es una de las más populares en el mercado de la impresión 3D.

Intención de la universidad.

La Fundación Universitaria Empresarial De La Cámara De Comercio de Bogotá Uniempresarial cuenta con buenas políticas para el aprovechamiento y no mal uso de los elementos de trabajo en la institución como es la reducción en las hojas, carpetas de cartón, impresiones entre otros, también cuenta con el proyecto mejor en bici el cual es un incentivo al uso de la bicicleta como medio de transporte para el desplazamiento a la

institución, proyecto ambiental que se ha visto muy bien acogido por los estudiantes de Uniempresarial. Sin embargo, han sido diseñados varios proyectos desde el área de bienestar institucional y el área de enfermería con respecto a temas de reciclaje y reutilización de desperdicios los cuales nunca han podido ser ejecutados ya que dichos proyectos requieren de una inversión económica que a pesar de no ser muy alta tampoco es favorable para la universidad.

CONTEXTO

Problemática ambiental.

En mayo del 2014 en la celebración del día mundial del reciclaje el Ministro de Ambiente y Desarrollo en Colombia expreso que el país generaba aproximadamente 9.488.204 Toneladas al año de residuos sólidos de los cuales solo se reciclaban un 14% y un gran porcentaje del restante termina en las fuentes hídricas colombianas (Min. Ambiente y Desarrollo, 2015). Confirmando lo anterior la revista Semana en una publicación aseguro que el rio Magdalena fue catalogado como el #15 de los 20 ríos más contaminantes del mundo vertiendo al mar Atlántico 16.700 toneladas de plástico al año y el rio Amazonas es el séptimo vertiendo 38.700 (Vargas Lamadrid, 2017). Situación que se ve reflejada en la capital del país donde el actual Alcalde Mayor de Bogotá Enrique Peñalosa junto al Distrito anuncio en el año 2018 que la capacidad del relleno sanitario Doña Juana se copará en el 2022, único relleno sanitario para la ciudad de Bogotá. El problema de las botellas desechadas radica en su volumen el cual ocupa gran cantidad del espacio en los rellenos y es uno de los factores principales para que estos se encuentren al borde de un colapso.

De acuerdo con la ingeniera industrial Cindy Julieth Perilla las universidades e instituciones de educación que cuentan con tiendas y venta de líquidos envasados son grandes

generadores de Residuos Sólidos y como bien dice deben contar con procesos que permitan el aprovechamiento de dichos residuos.

“Por la facilidad de adquisición y practicidad que tienen los envases PET, a través del tiempo se han convertido en productos de compra diaria, sobre todo en población joven que por su estilo de vida y diversidad de actividades diarias ven en estos productos una salida rápida para satisfacer algunas de sus necesidades. Es por esto que las Instituciones de educación se convierten en una fuente importante de generación de residuos plásticos PET y es importante que estas instituciones tengan estructurados procesos que permitan el aprovechamiento de sus residuos sólidos con el fin de minimizar el impacto ambiental que éstos generan en el ambiente.”(Perilla Tabares, 2017)

La Fundación Universitaria Empresarial de la Cámara de Comercio de Bogotá Uniempresarial no cuenta con un plan de manejo y aprovechamiento de los (RSU) Residuos Sólidos Urbanos a pesar de ya haberse presentado propuestas para su aprovechamiento desde el área de bienestar y enfermería como anteriormente se había mencionado. Actualmente lo que se hace con todos los residuos de la institución es a través del personal del aseo donde los desechos son recogidos y almacenados diariamente en el punto de acopio de residuos de la universidad y estos son recogidos por el camión de la basura encargado de la zona, los días lunes, miércoles, viernes y sábados. Las botellas plásticas usadas y desechadas dentro de la institución terminan dentro del relleno sanitario para Bogotá Doña Juana. Teniendo en cuenta que Doña Juana se encuentra al borde de un colapso, la universidad debería contar con un plan para el manejo de residuos sólidos y el aprovechamiento de estos.

Para hacer evidente la cantidad de envases o botellas (PET) que son desechadas en la universidad en un año, se hizo un cálculo aproximado con las botellas generadas en un mes por un grupo de estudiantes de la universidad en tiempo académico. Se hizo un estudio a través de una encuesta con los 15 estudiantes de ingeniería industrial y software de primera promoción en Uniempresarial en donde se obtuvo:

Persona entrevistada	Cantidad de botellas de plástico PET usadas al día	Reutiliza alguna botella?
Andres	0 Botellas	No
Sebas	0 Botellas	No
Roger	1 Botellas	Si
Marco	0 Botellas	No
Tulio	2 Botellas	No
Natalia	2 Botellas	No
Paula	1 Botellas	No
Mafe	2 Botellas	No
Michel	3 Botellas	No
Santiago	2 Botellas	Si
Andres	0 Botellas	No
Andres	0 Botellas	Si
Camilo	0 Botellas	No
Mateo	1 Botellas	No
Julian	1 Botellas	Si
Total	15 Botellas	4

Ilustración 2 Botellas plásticas usadas al día, Elaboración propia

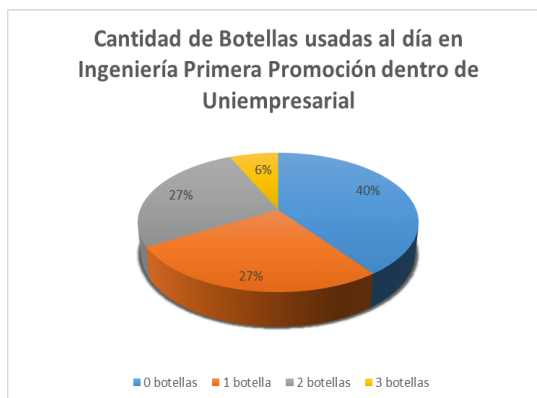


Ilustración 1 Cantidad de botellas usadas al día, Elaboración propia

Botellas generadas diariamente	Botellas generadas en un mes de 20 días	Botellas en 3 meses lectivos (1 semestre)	Botellas en 6 meses lectivos (2 semestres)
15	300	900	1800

Ilustración 3 Promedio de Botellas generadas por los estudiantes de Ingeniería Primera Promoción en un año, Elaboración propia

En un solo día los estudiantes de la promoción 1 de las ingenierías con las que actualmente cuenta Uniempresarial se pueden obtener hasta 15 botellas (PET) (prácticamente una botella por cada estudiante). Los estudiantes de Uniempresarial en jornada diurna en ingenierías ven clases en un semestre académico durante 3 meses que se ven reflejados en 13 semanas que al año serían 6 meses lectivos, tiempo en el que se podría recolectar 1800 botellas (PET), siendo una gran cantidad de residuos que pueden ser aprovechados en la creación de filamento para impresión 3D y teniendo en cuenta que son generados en un año lectivo de 6 meses por solo 15 estudiantes.

Se asumieron los casos en que la comunidad dentro de Uniempresarial fuesen 100 personas y 300, donde estas hicieran uso de botellas plásticas con la misma proporción de los 15 estudiantes de Ingeniería Primera promoción y tuviesen un periodo académico igual que ingeniería y se obtuvo lo siguiente:

Con 100 estudiantes durante un año escolar de 2 semestres cada uno 3 meses en clase se puede generar un total de 12.000 botellas. Y con 300 estudiantes en el mismo periodo de tiempo se puede generar y aprovechar un total de 36.000 botellas posconsumo, asumiendo que todas estas botellas (PET) desechadas son personales de un tamaño de 600 ml las cuales tienen un peso de 30 gramos las 36.000 botellas generadas por 300 estudiantes en 1 año escolar generarían un peso aproximado de 1 tonelada de plástico, una gran cantidad de desechos que normalmente terminarían en vertederos o rellenos y en otros casos en fuentes hídricas Colombianas.

Cantidad de personas que usan botellas	Botellas generadas diariamente	Botellas generadas en un mes en 20 días	Botellas en 3 meses lectivos (1 semestre)	Botellas en 6 meses lectivos (2 semestres)
15	15	300	900	1800
100	100	2000	6000	12000
300	300	6000	18000	36000

Ilustración 4 Botellas generadas en un espacio de tiempo, Elaboración propia

Crecimiento impresión 3D y uso de plásticos.

Según el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística) en el periodo 2004-2016 el consumo de plástico-químico en Colombia se duplico y se triplico en el caso de los semielaborados y terminados de plásticos, el crecimiento de las exportaciones para este periodo fue de un 90% (Retos y oportunidades de la industria plástica en Colombia, 2017). Pero es partir del 2015 donde el sector de los plásticos en Colombia ha logrado tener una baja participación en el mercado para este entonces de las 312 empresas destacadas en el sector de los plásticos, 39 desarrollaban procesos de recuperación, reciclaje y comercialización de resinas plásticas participando con un total de ventas del 6% del sector

para este año, en donde Bogotá y Soacha presentaron una participación en ventas cercanas al 86% (Ardila & Paque Salazar, 2016). Los principales sectores consumidores de materias plásticas en el país son: Empaques y envases, textiles, construcción, agricultura, industria automotriz y deportes.

Conociendo la situación del sector plástico en el país en los últimos años a nivel global y nacional la impresión 3D ha logrado tener una gran acogida y una amplia variedad de usos en todas las industrias como por ejemplo dentro de la medicina la creación de prótesis de partes del cuerpo humano que por diferentes razones se han perdido dando una nueva oportunidad a estas personas, en la construcción donde se han creado casas, parques, sillas, a partir de bloques de plástico o impresión 3D en la confección de prendas con medidas exactas. Situación que se ve reflejada con el desempeño de las más grandes empresas de impresión 3D y reciclaje en Colombia. Undos 3D empresa caleña elaboran desde el 2013 biomodelos para planeación quirúrgica y asegura su gerente que poco a poco más doctores y cirujanos han implementado su tecnología y le prevé un excelente futuro a su empresa.

En la actualidad las carreras universitarias en ingeniería dentro de sus pensum académicos se encuentra algún fundamento en modelamiento en 3D y en muchas de ellas como la Universidad los Andes, la Javeriana, el Bosque, San Buenaventura entre otras, se trabaja en proyectos institucionales imprimiendo los diseños como es dentro de Uniempresarial.

Filamento

Como bien se sabe en el mundo de la tecnología el filamento es el homólogo del cartucho de tinta en las impresoras convencionales para la impresora 3D, no es más que un material por lo general plástico en estado sólido y tiene la apariencia de un cordón, existen varios tipos de filamento los más empleados son: (PLA) Políácido Lácteo, (ABS) Acrilonitrilo

Butadieno Estireno y para este caso el material a estudio es el de las botellas plásticas que en su mayoría se presentan en (PET) Teraftalato de polietileno como se ha mencionado anteriormente es un material resistente a los impactos y bastante fuerte (Arteaga, 2015).

Teniendo en cuenta la conciencia ambiental que se está generando en el mundo a partir de la gran cantidad de desechos plásticos encontrados en las fuentes hídricas en el mundo se han iniciado planes y proyectos para el aprovechamiento de dichos plásticos, tal y como se ha logrado en Argentina, en donde, el instituto INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial) desde 2014 empezó a desarrollar la iniciativa del filamento a partir de botellas (PET) recicladas que es conocido como B-PET el cual gracias a proyectos similares y alianzas estratégicas se pudo implementar para el año 2016 en España, solo en este país la facturación de este proyecto alcanzo los 60.000 euros y sus principales clientes se encuentran en todo Europa y Estados Unidos.

El filamento para impresión 3D se crea a partir de una maquina extrusora en donde es depositado el material (pellets en caso del plástico) a través de su tolva, este hace pasar el material por un husillo que calentando el material lo derrite para ser expulsado a presión y le da una forma por medio de un dado, existen varias extrusoras de uso doméstico en el mercado muy útiles para tipos de proyecto como el que se está proponiendo en la que se pueden obtener filamentos de diferentes calibres y diferentes colores a través de aditivos, aseguran sus creadores que los costes se ven reducidos ya que los pellets son mucho más baratos que el filamento para impresión 3d, algunas de ellas son la extrusora Filabot y Filastruder que permiten fabricar el propio filamento con las características deseadas, la diferencia entre una y otra es que la Filastruder al momento de la compra el dispositivo viene por partes y debe ser ensamblado, otro ejemplo de extrusoras para uso doméstico es

la Protocycler la única de estas que cuenta con un certificado de seguridad, esta extrusora nace como una iniciativa para un crowdfunding la cual recaudo mucho más de lo esperado y ahora se encuentra en el mercado, actualmente este dispositivo cuenta con su propia tecnología de extrusión llamada Mixflow con retroalimentación de diámetro totalmente automática y adicionalmente cuenta con un enrollado automático siendo un dispositivo de fácil manejo y conveniente para el proyecto que se plantea.

Algunos precios de los filamentos en Colombia se pueden encontrar en la siguiente imagen

Filamento	*1000 gr	*750 gr	*500 gr	*200 gr	Empresa
PLA 1,75mm		\$ 163.600		\$ 65.000	Drop Materializa
PLA 1,75mm	\$ 83.000				Protolab3d
PLA 1,75mm	\$ 89.000		\$ 59.000		Seizo
PLA 1,75mm	\$ 102.102				Vistronica (Mercadolibre)
PETG 1,75mm	\$ 99.000				Seizo
PET 1,75mm			\$ 150.500		Verbatim (Mercadolibre)
PET 1,75mm			\$ 175.500		Lapices3D (Mercadolibre)

Ilustración 5 Costos Filamentos, Elaboración propia

Demanda

Enka de Colombia empresa líder en el reciclaje de botellas PET posconsumo en Colombia es el mayor productor de filamentos y fibras sintéticas en la región andina, Enka recupero en el año 2017 800 millones de botellas PET y los productos que elaboran a partir de esta materia reciclada representan el 51% de las ventas, para este año los ingresos operacionales fueron de 357.470 millones de pesos, entre los productos que ofrece están: eko resinas, eko fibras, eko filamentos, eko red con una producción de resinas plásticas de 11.000 Ton/Año (Enka Informe de Sostenibilidad 2017, 2018), así como enka también se encuentran Apropet (Antigua Aproplast) y Socya(Antigua codesarrollo) quienes tienen una producción de 5.400 Ton/año. Estas empresas demuestran el gran mercado de PET reciclado que se maneja actualmente para diferentes industrias. Dentro de Uniempresarial se manejan bajas

cantidades de materia prima utilizada en la impresión 3D por lo que es factible que al realizar el proyecto obtengamos una gran cantidad de filamento que se puede vender a través del plus que se obtiene del material reciclado a perfiles técnicos, estudiantes de ingeniería, empresas de fabricación de componentes y a otras instituciones de educación así mismo se encuentran algunas empresas demandantes de PET a las cuales se les puede ofrecer el producto en forma de escama y poder hacer rentable el proyecto. Asegura Cindy Julieth Perilla Tabares en el Estudio de alternativa al proceso de reciclaje del plástico PET en la Universidad Católica De Colombia que al 2017 el valor comercial de residuo plástico (PET) triturado en Bogotá es de \$1.000/Kg.

Empresas Demandantes	Sector/Industria	Localización
Endipack LTDA	Envases Pet para alimentos	Bogotá
Darnel	Envases PET para productos farmaceuticos	Bogotá
Envasar SAS	Envases PET	Bogotá
Gran andina de plasticos	Envases PET	Bogotá
Colfoplas SA	Envases PET	Bogotá
Analplasticos SA	Envases PET para productos farmaceuticos, cosmeticos y alimentos	Bogotá
Ditrienvases plasticos armol	Envases Pet	Bogotá
Moinsoplast	Envases Pet	Bogotá
Ensotec SAS	Envases Pet para alimentos	Bogotá
Iberplas SA	Productos industriales	Bogotá
Botella PET SAS	Envases Pet	Bogotá
Polimerica SAS	Productos industriales	Bogotá
Intecplast SAS	Envases Pet	Bogotá

Ilustración 6 Empresas demandantes de resinas PET grado alimenticio, elaboración Jiménez Camilo A., Malpica Yeison, Meneses Diego A.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se puede crear el filamento para uso institucional satisfaciendo la necesidad de la institución y además se puede generar una gran cantidad de escama de (PET) triturada para la venta a empresas recicladoras de PET como un ingreso extra para la institución, logrando aportar como institución a la política de economía circular del Plan Nacional para la gestión integral de residuos en Colombia.

METODOLOGÍA

La actual metodología no es más que una simple propuesta la cual se puede estudiar y mejorar a través del Semillero de Impresión 3D para ingenierías en Uniempresarial con el fin de obtener dicho filamento y que pueda ser comercializado en el mercado.

Análisis técnico

¿Cómo funciona?



Ilustración 7 Proceso Producción de filamento a partir de Botellas (PET) Reciclado, Elaboración propia

Recolección: Proceso en el que se recogen todos los desechos.

La recolección se puede lograr a través de los 4 puntos ecológicos con los que cuenta la universidad, estos se encuentran debidamente rotulados, el personal del aseo transportara todos los desechos de los puntos ecológicos al punto de acopio de residuos como es habitual.

Clasificación y Almacenamiento: En el punto de acopio de residuos de Uniempresarial se realizará una clasificación de las botellas según el tipo de plástico y se almacenarán en este mismo lugar en bolsas blancas rotuladas.

Alistamiento: Se retirará la etiqueta, la tapa, componentes y residuos de cada una de las botellas

Trituración: Se realizaría la trituración de las botellas plenamente alistadas a través de una máquina trituradora de plásticos la que nos entregará el residuo plástico triturado proveniente de las botellas PET posconsumo.

Lavado: Se lavaría el residuo plástico en agua y soda caustica para eliminar cualquier impureza que se pueda encontrar en lo que eran las botellas. Se deben tener en cuenta los elementos de protección personal (EPP) para el manejo de materiales como la soda caustica y además contar con un espacio que cumpla con la normatividad y acondicionamiento adecuado para el manejo de dicha sustancia.

Secado: El secado se puede generar de manera natural, dejando el residuo plástico triturado expuesto a corrientes de aire.

Obtención del filamento:

La obtención del filamento se realizará a través del Protocycler, es el primer y único sistema para reciclar residuos de plástico en un nuevo filamento en el que se pueden personalizar colores y materiales, en la cual se depositara el material obtenido de la trituradora en el

Especificaciones técnicas Protocycler
Tolerancia del diámetro: +/- 0.05mm
Velocidad de extrusión: hasta 10pies/min
Uso eléctrico: 90W Prom.
Dimensiones 15"x14"x9". 20 kg

molinillo integrado con el que cuenta, esto para hacer del material más fino para su tratamiento proceso conocido como escamado, una vez escamado el material se depositara en la tolva y se indicarán los parámetros del material al Protocycler y este empezara a generar el filamento para la impresión 3D que a su vez enrolla para facilidad del usuario.(Redetec, 2018)

Para los procesos de alistamiento, trituración y obtención del filamento no se cuenta con el espacio suficiente en el punto de acopio de residuos sólidos urbanos de la universidad, es indispensable un espacio para su manejo y su almacenamiento

Análisis financiero.

Ingresos: Los ingresos de la propuesta se pueden obtener a través de la venta de escama de (PET) reciclado lavado y secado en el mercado nacional y a través de la venta del filamento acorde a las necesidades de los diferentes clientes.

Solo con 300 estudiantes dentro de universidad con un modelo académico como ingeniería en 1 solo año puede generar 36.000 botellas de plástico equivalente a casi 1 Ton de plástico y a un precio de venta de escama de (PET) triturado en el mercado de \$1.000/Kg se puede generar un ingreso de \$1'000.000. En caso del filamento (PET) se deberá hacer un estudio del mercado para definir un precio en el mercado.

Costos: La máquina trituradora tiene un valor comercial de \$2'700.000 COP cotizada el 20 de Marzo al señor Pedro Carreño a través de una conversación telefónica al número de celular: 3202855104, esta maquina tiene un tiempo de entrega de 13 a 15 días mientras se realiza su construcción.

El Protocycler tiene un valor en el mercado de 1,699.99 USD que se puede encontrar en la página oficial de venta www.redetec.com, esta máquina ya viene ensamblada y lista para su uso, cuenta con una interfaz sencilla para el usuario y además posee un certificado de seguridad.

La inversión de las herramientas en Pesos Colombianos con una TRM de \$3,102.25 al día de hoy (19 de Marzo del 2019) es de: \$5'273.794 teniendo en cuenta los precios anteriormente mencionados.

Como bien se mencionó inversión que se ve retribuida por el buen uso que se le está dando a uno de los factores principales en la contaminación global como son las botellas (PET) y adicionalmente obteniendo unos ingresos por la venta de las escamas de (PET) reciclado y del filamento (PET).

En el proceso de lavado del plástico se involucra tanto agua como Soda Caustica con la cual se requerirán ciertos implementos para su uso y un buen manejo de los mismos como son guantes, tapabocas, gafas.

Infraestructura: La universidad no cuenta con un espacio para la propuesta, se necesita de lugar con la ventilación adecuada para poder realizar la operación, este debe contar los equipos anti riesgo inversión ya que se usara Soda Caustica.

Personal: Se requiere de una o varias personas para todo el proceso, se requieren capacitaciones tanto al personal del aseo como a la comunidad dentro de la institución, todas estas éstas pueden ser proveídas por estudiantes en semillero para evitar el costo de personal y se pueden impulsar estrategias y proyectos institucionales entorno al reciclaje

Impacto ambiental de la iniciativa

Entre muchas de las ventajas que encontramos a partir del reciclaje de las botellas plásticas es la disminución de volúmenes y cantidades de residuos en los rellenos, también generaremos un menor consumo de materias primas vírgenes, menor contaminación de los

suelos, y disminución de CO2 en la atmosfera por incineración de residuos, así como la disminución en la extracción de petróleo para la obtención de filamento virgen.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La idea de reciclar botellas (PET) posconsumo y con ellas producir filamento para uso en impresoras 3D es algo novedoso en el mercado, esta idea genera un sinnúmero de retos e investigaciones para la institución dentro de cada uno de los procesos para su puesta en marcha con la que se podría llegar a tener un reconocimiento por su labor ambiental.

De acuerdo con el estimado de generación de botellas plásticas (PET) en Uniempresarial se percibe viable la implementación de tipos de proyectos como el actual, reduciendo así los volúmenes de residuos sólidos generados por la comunidad estudiantil que terminan en los rellenos, satisfaciendo la necesidad del filamento para la impresora 3D en Uniempresarial y poder comercializar en un mercado nacional el filamento y en otro las escamas de plástico obtenido de las botellas (proceso anterior a la obtención del filamento) para las distintas industrias en Bogotá.

Hablar de reciclaje es hablar de una alternativa a la disminución de desechos pero el principal inconveniente está en la sustitución del plástico como materia prima en la mayoría de las industrias puesto que la continua producción de los diversos plásticos seguirá afectando los distintos entornos del ser humano.

REFERENCIAS

Ardila, D. L., & Paque Salazar, A. L. (2016). *DISEÑO DE UN PLAN DE NEGOCIO PARA LA CREACIÓN DE UNA EMPRESA RECICLADORA Y COMERCIALIZADORA DE PLÁSTICO PET MOLIDO Y LAVADO EN LA CIUDAD DE NEIVA*. Universidad

EAN. Recuperado a partir de

<https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/8949/LichtDenicce2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Arteaga, L. (2015). Fabricación y caracterización de filamentos para impresora 3D a partir de materiales reciclados, 12-44.

Contreras Rodríguez, J. C. (2015). *Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos*

Domiciliarios en Colombia: Mitos y Realidades. Universidad Militar Nueva Granada.

Recuperado a partir de

<http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/7349/1/RodriguezContrerasJuanCarlos2015.pdf>

Datos sobre la producción de plásticos. (2018). Recuperado 17 de octubre de 2018, a partir de <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/datos-sobre-la-produccion-de-plasticos/>

Enka Informe de Sostenibilidad 2017. (2018). Recuperado a partir de

<http://www.enka.com.co/enka/index.php/es/content/download/320/4984/file/SOSTENIBILIDAD+2017.pdf>

Min. Ambiente y Desarrollo. (2015). Colombia celebra Día Mundial del Reciclaje |

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Recuperado 15 de marzo de 2019, a partir de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias-minambiente/1793-colombia-celebra-dia-mundial-del-reciclaje>

Perilla Tabares, C. J. (2017). *ESTUDIO DE ALTERNATIVA AL PROCESO DE*

RECICLAJE DEL PLÁSTICO PET EN LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE

COLOMBIA. Universidad Católica de Colombia. Recuperado a partir de
[https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15588/1/ESTUDIO DE ALTERNATIVA AL PROCESO DE RECICLAJE DEL PLÁSTICO PET EN LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COL.pdf](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15588/1/ESTUDIO_DE_ALTERNATIVA_AL_PROCESO_DE_RECICLAJE_DEL_PLÁSTICO_PET_EN_LA_UNIVERSIDAD_CATÓLICA_DE_COL.pdf)

Redetec. (2018). ProtoCycler - ReDeTec. Recuperado a partir de
<https://redetec.com/pages/protocycler>

Retos y oportunidades de la industria plástica en Colombia. (2017). Recuperado a partir de
http://www.congresosudamericano.com.br/emailmkt/mala_congresso_colombia/ppt/p_u_19_acoplastico.pdf

Trevor Nace. (2017). We're Now At A Million Plastic Bottles Per Minute - 91% Of Which Are Not Recycled. *Forbes*. Recuperado a partir de
<https://www.forbes.com/sites/trevornace/2017/07/26/million-plastic-bottles-minute-91-not-recycled/#1620b7da292c>

Vargas Lamadrid, R. (2017, julio). Consecuencias ambientales del uso de plástico en Colombia. *Semana*/. Recuperado a partir de
<https://www.semana.com/opinion/articulo/consecuencias-ambientales-del-uso-de-plastico-en-colombia/531338>

ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Cantidad de botellas usadas al día, Elaboración propia	7
Ilustración 2 Botellas plásticas usadas al día, Elaboración propia	7
Ilustración 3 Promedio de Botellas generadas por los estudiantes de Ingeniería Primera Promoción en un año, Elaboración propia	7
Ilustración 4 Botellas generadas en un espacio de tiempo, Elaboración propia.....	8
Ilustración 5 Costos Filamentos, Elaboración propia.....	11
Ilustración 6 Empresas demandantes de resinas PET grado alimenticio, elaboración Jiménez Camilo A., Malpica Yeison, Meneses Diego A.	12
Ilustración 7 Proceso Producción de filamento a partir de Botellas (PET) Reciclado, Elaboración propia.....	13

FICHA BIBLIOGRÁFICA DE DOCUMENTO DE OPCIÓN DE GRADO

TÍTULO COMPLETO

Estudio de Factibilidad de la producción de filamento a partir de botellas (PET) recicladas para la impresión 3D en Uniemprejicial

AUTORES

Apellidos completos

Rulecio León

Nombres completos

German Santiago

TUTOR DE TRABAJO DE GRADO

Apellidos completos

Mora Calderón

Nombres completos

Nelson

PROGRAMA ACADÉMICO

Nombre del programa

Ingeniería Industrial

**Tipo de programa
(marque con una x)**

Pregrado

X

Especialización

Maestría

CIUDAD

Bogotá D.C.

**AÑO DE PRESENTACIÓN DEL
TRABAJO DE GRADO**

2019

NÚMERO DE PÁGINAS

21

PALABRAS CLAVES

Español

Inglés

RESUMEN

(Máximo 250 palabras)

Elaborado por : Angel Gustavo Cordoba

Revisado por: Marcela Gomez Osorio

Aprobado Por: Emma Emira Carrión R.

Cargo: Coordinador Biblioteca

Cargo: Directora DIEE

Cargo: Direct. Aseguramiento de Calidad

LICENCIA DE USO A FAVOR DE LA FUNDACIÓN UNIVERSITARIA EMPRESARIAL DE LA CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ - UNIEMPRESARIAL, POR PARTE DE ESTUDIANTES.

Los suscritos

Germanio Santiago Patecio León con C.C. N° 1020783500

con C.C. N° _____

actuando en calidad de autor(es) de la (obra), (el trabajo de grado), (presentación), (conferencia), (escrito en general, que lleva por título Estudio de la Factibilidad de la producción de filamento a partir de botellas (PET) recicladas para la impresión 3D en Uniempresarial)

elaborada para efectos de (optar por el título) X (participar en seminario o evento) _____ del (Programa académico) Ingeniería Industrial

Hago entrega a UNIEMPRESARIAL de una copia de dicho trabajo académico otorgando licencia o autorización de uso sobre la misma, para que en los términos de la Decisión Andina 351, la Ley 23 de 1982 y demás normas aplicables, realice los actos de explotación de los derechos patrimoniales y de manera especial, para que la divulgue, reproduzca, comuniqué al público y la ofrezca en préstamo al público. La presente licencia o autorización se extiende no solo a la fijación en medio o formato físico, analógico o material, sino también al medio virtual, electrónico, óptico, usos de red, Internet, extranet, intranet, repositorio institucional y demás formatos conocidos o por conocer.

El autor de la obra, manifiesta de igual manera que la obra objeto de esta licencia o autorización de uso es creación original y que se realizó sin infringir los derechos de autor que le correspondan a terceros.

PARÁGRAFO: Si llegase a presentarse cualquier tipo de reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en mención, asumiré la responsabilidad, dejando indemne a UNIEMPRESARIAL y saliendo en defensa de los derechos aquí autorizados.

Para constancia se firma el presente documento en el año 2019 del mes Marzo a los 29 días.

Firma [Firma] C.C. 1020783500

Firma _____ C.C. _____

Elaborado por : Angel Gustavo Cordoba	Actualizado por: Diana Lucia Echeverry	Revisado por: Marcela Gomez Osorio	Aprobado Por: Emma Emira Carrión R.
Cargo: Coordinador Biblioteca	Cargo: Docente Investigadora	Cargo: Directora DICE	Cargo: Direct. Aseguramiento de Calidad